مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی شانزدهم، بهار و تابستان ۱۳۹۰

تحلیل شواهد مورفوتکتونیکی گسل درونه در محدوده‌ی حوضه‌ی آبریز ششطراز و مخروط‌افکنه‌ی پایین دست آن

مهران مقصودی (استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه تهران، نویسنده‌ی مسؤول)
maghsoudi@ut.ac.ir
سمیه عمادالدین (دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تهران)
Emadodin@ut.ac.ir

چکیده

شاخص‌ها و شواهد ژئومورفولوژیکی این امکان را فراهم می‌آورند تا تغییراتی که در یک حوضه‌ی زه‌کشی تحت تاثیر فعالیت‌های تکتونیکی ایجاد می‌شود را مورد مطالعه و بررسی قرار دهیم. حوضه‌ی آبریز ششطراز از جمله حوضه‌هایی است که تحت تأثیر گسل و فعالیت‌های تکتونیکی است. هدف از انجام این تحقیق، تحلیل تأثیر عامل تکتونیک فعّال در ژئومورفولوژی حوضه آبریز ششطراز و مخروط‌افکنه پایین دست آن است. در این تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌ی زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:٤٠٠٠٠ و تصاویر ماهواره ای ETM سال ۲۰۰۵ در تاریخ ۵ مه(باندهای۱ تا ۷) برای تعیین سطوح قدیمی و جدید مخروط‌افکنه و همچنین تصاویر IRS و Googel earth برای شناسایی جابجایی رودخانه استفاده شد. در زمینه‌ی پردازش تصاویر ماهواره‌ای از نرم‌افزارهای llwis و Envi استفاده شد. با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی که میزان فعالیت‌های تکتونیکی را نشان می‌دهند، مانند شاخص عدم تقارن توپوگرافی(AF)، شاخص عامل تقارن حوضه زه‌کشی(T)، شاخص سینوسی جبهه‌ی کوهستان (SMF) و شاخص انتگرال هیپسومتری (Hi)، حرکات تکتونیکی در منطقه به صورت کمّی محاسبه و سپس مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که عامل تکتونیک تأثیر بسزایی در حوضه‌ی آبریز ششطراز و مخروط‌افکنه‌ی آن دارد و حوضه‌ی مورد مطالعه از نظر تکتونیکی فعّال است. همچنین در

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۸/۳۰ تاریخ تصویب:۱۳۹۰/۴/۱۸

این خصوص شواهد مورفوتکتونیکی نشان از فعّال بودن گسل درونه داشته و مورفولوژی مخروط‌افکنه و سطوح تقطیع شده آن، شواهد قابل اتکایی را در این خصوص عرضه می‌نمایند.

کلیدواژه‌ها: حرکات تکتونیکی، مخروط افکنه، شاخص‌های ژئومورفیک، کاشمر، رودخانه‌ی ششطراز.

درآمد:

تکامل لندفرم‌های هر ناحیه، حاصل برآیند فرایندهای درونی و بیرونی در طول زمان‌اند. بنابراین بسیاری از فرایندها و پدیده‌های زمین‌شناسی را نمی‌توان در یک مقطع زمانی کوتاه بررسی و توصیف کرد. تکتونیک به عنوان یکی از عوامل درونی در شکل‌گیری و تحول مخروط‌افکنه‌ها، نقش بسیار اساسی دارد. یکی از مهم‌ترین شواهد ژئومورفولوژیکی، میزان و نحوه‌ی عملکرد خطوط گسلی، ویژگی‌های ژئومورفیک عوارض پیرامون آنها و به ویژه مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها و سلسله مراتب آنها از نظر مکانی و توپوگرافی است(یمانی،۱۳۸۳:۱۱۱). بررسی ژئومورفولوژیکی امکان شناخت تغییرات ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌های هیدرولوژیکی را از طریق مطالعه‌ی لندفرم‌ها فراهم می‌نماید (pierpaolo Guarnieri, Claudia Pirrotta,۲۰۰۸,۲٦۰). شاخص‌های ژئومورفیک، ابزارهای سودمندی برای تحلیل اشکال زمینی و ارزشیابی فعالیت‌های تکتونیکی در نواحی مختلف به شمار می‌آیند(کرمی،۱۳۸۸:٦۷). تکتونیک با تغییر سطح اساس موجب تغییر فرایندهای فعّال در سطح مخروط‌افکنه‌ها و حوضه‌های آبریز می‌شود. وقوع رویدادهای تکتونیکی (گسل‌خوردگی، چین‌خوردگی و فرونشینی یا بالاآمدگی) موجب واکنش مخروط‌افکنه می‌شود. این واکنش‌ها می‌تواند در نوع، اندازه، شکل رسوب و همچنین در مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها ثبت شود. با بررسی ویژگی‌های مخروط‌افکنه‌ها می‌توان تاریخ تکاملی ناحیه را به خوبی مشخص کرد.

به طورکلی مطالعات مربوط به مخروط‌افکنه‌ها از دهه‌ی ۱۹٦۰ گسترش یافته (مختاری،۱۸،۱۳۸۱) و تحقیقاتی در این زمینه صورت گرفته است.

قلمرو ایران مرکزی حدود یک سوم مساحت کشـور ایـران را در بـر مـی‌گیـرد. در منـاطق پایکوهی این قلمرو، مخروط‌افکنه‌های زیادی وجود دارد. منطقه‌ی مورد مطالعه در شمال ایـران مرکزی قرار دارد و گسل بزرگ درونه، که از گسل‌های فعال ایران مرکـزی اسـت، از آن عبـور می‌کند. این گسـل در تحـوّل مخـروط‌افکنـه‌هـای منطقـه نقـش بسـیار مهمـی دارد. تحـوّلات مخروط‌افکنه ششطراز عمدتاً ناشی از میزان عملکرد تکتونیک بوده و در این تحقیـق سـعی بـر آن است تا تحول کواترنری فعالیت‌های تکتونیکی حوضه‌ی آبریز ششطراز بـا رویکـرد تحلیـل شاخص‌ها و شواهد ژئومورفیـک مـورد ارزشـیابی قـرار گیـرد. مطالعـات زیـادی در زمینـه‌ی تکتونیک و مخروط‌افکنه در نقاط مختلف جهان شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

هاروی[1] و همکاران (۱۹۹۸) تأثیر سطح اساس آب دریا در زمان کـواترنر و تغییـرات اقلیمـی روی مخروط‌افکنه‌های ساحلی[2] در جنوب شرقی اسپانیا را مطالعه نمودند. نتایج مطالعات آنهـا نشان می‌دهد که به طور معمول افت سطح اساس منجر به تقطیع شـدن انتهـای مخـروط‌افکنـه می‌شود، اما در منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی آنها، عکس این موضوع ثابت شده و نتایج زیـر حاصـل شده است:

۱. در منطقه‌ی مورد مطالعه (Cabo de Gata) شواهدی که نشان‌دهنده‌ی تأثیر تکتونیـک در توسعه‌ی مخروط‌افکنه‌ها باشد وجود ندارد. بطورکلی تغییرات عمـده در منـابع رسـوبی اتفـاق افتاده که مرتبط با تغییـرات اقلیمـی بـه همـراه تـواتر رسـوبی عمـده‌ای اسـت کـه مـرتبط بـا یخچال‌های جهانی می‌باشد.

۲. تقطیع مخروط‌افکنه‌ها هیچ ارتباطی به تغییر سطح اساس ندارد. همچنـین تقطیـع انتهـای مخروط‌افکنه مرتبط با فرسایش پنجه‌ای است که توسط سطوح بالای دریـا ناشـی مـی‌شـود. یولی[3] و همکاران (۱۹۹۹) تأثیر تکتونیک روی لندفرم‌های رسـوبی در Hexi Corridor واقـع در شمال غربی چین را مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند کـه گسـل معکـوس فعّـال از اواخـر

---

۱. Harvey
۲.Cabo de Gate fans
۳. Youli

هولوسن دستخوش لغزش جانبی شده است. لک و همکاران(۱۹۹۰) در مطالعه‌ای در مورد مخروطافکنه‌ها دریافتند که تکتونیک به دو طریق بر مخروطافکنه‌ها تأثیر می‌گذارد ۱. افزایش شیب سطح آنها؛ ۲. تأثیر بر سرعت فرسایش. ویلار[1] و همکاران (۲۰۰۰) به بررسی ویژگی‌های رسوبات سطح و دینامیک موجود در مخروطافکنه‌های مرکز Phrenees اسپانیا پرداختند. نتایج تحقیق بیانگر این مطلب است که اهمیت نسبی هر کدام از رسوبات وابسته به اندازه، شیب مخروطافکنه‌های آبرفتی و شیب قسمت‌های انتهایی رودخانه‌هاست. سایتو[2] و همکاران (۲۰۰۵) به بررسی شیب ٦۹۰ مخروطافکنه در مناطق مرطوب ژاپن، تایوان و فلیپین پرداختند. حدود شصت درصد از مخروط‌ها در طول هولوسن و بقیه چهل درصد مابقی در طول پلئوستوسن تشکیل شده‌اند. در ایران هم مطالعاتی در این زمینه شده است که به برخی از آنها اشاره می‌شود:

مقصودی (۱۳۸۷) به مطالعه‌ی تحول ژئومورفولوژی مخروطافکنه جاجرود پرداخته و به این نتیجه رسید که تحوّل مخروطافکنه‌ی جاجرود، حاصل عملکرد عوامل طبیعی شامل تغییرات اقلیمی، حرکات تکتونیکی و تغییر سطح اساس در درازمدت و عوامل انسانی در کوتاه مدت بوده است. گورابی (۱۳۸۷) به بررسی تأثیر نوزمین ساخت بر تحول لندفرم‌های کواترنری در ایران مرکزی پرداخت و به این نتیجه رسید که تأثیر نو زمین ساخت بر تحول لندفرم ها در گسل‌های انار و دهشیر در طی کواترنر افزایش یافته است و بیشترین تغییر شکل و تحول لندفرم‌های کواترنری در گسل‌های راستالغز (انار و دهشیر) در بخش میانی آن روی می‌دهد. همچنین باقری (۱۳۸۷) به بررسی نقش تکتونیک در شکل‌گیری و تحول لندفرم‌های تاقدیس قلاجه در استان کرمانشاه پرداخت و به این نتیجه رسید که تکتونیک تأثیر قاطعی در تحول لندفرم‌های منطقه دارد.

در منطقه‌ی مورد مطالعه در خصوص مخروطافکنه‌ها تحقیقی صورت نگرفته است. تنها علی‌اکبر بستانی(۱۳۸۵) به بررسی گسل درونه و استقرار سکونت‌گاه‌های انسانی در منطقه‌ی کاشمر پرداخت.

---

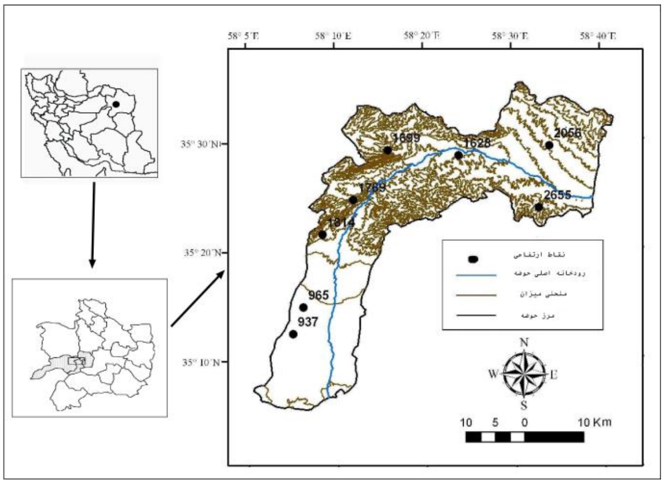
۱. Gomez-Villar
۲. Saito

به طور کلی هدف از انجام این تحقیق، بررسی و تحلیل تأثیر عامل تکتونیک در تحول مخروط‌افکنه‌ی حوضه‌ی آبریز ششطراز با استفاده از شاخص‌ها و شواهد مورفولوژیک است.

موقعیّت منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در شمال شرق کشور در استان خراسان رضوی و در محدوده بین شمال کاشمر و خلیل آباد قرار دارد و بر اساس واحدهای ساختمانی در شمال ایران مرکزی واقع شده است. این منطقه بین ۵۸ درجه تا ۵۸ درجه ۴۲ دقیقه طول شرقی و۳۵درجه تا ۳۵ درجه ۴۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. بلندترین نقطه‌ی ارتفاعی در حوضه‌ی ششطراز ۲٦۵۵ متر و پایین‌ترین نقطه ۸۹۰ متر است. به طور کلی از نظر ژئومورفولوژی، منطقه‌ی مورد مطالعه شامل مناطق کوهستانی و دشتی است. مناطق کوهستانی آن از شرق به غرب کاهش می‌یابد و مناطق دشتی آن که در جنوب کاشمر و بردسکن قرار دارد، دشت‌های حاصلخیز و آبرفتی نسبتاً وسیعی را به وجود آورده است.

شکل ۱. موقعیّت منطقه‌ی مورد مطالعه



مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور در محیط نرم‌افزاری ENVI ژئورفرنس گردید و لایه‌ی مدل رقومی ارتفاعی ساخته شد، که از آن برای تعیین شاخص منحنی هیپسومتریک استفاده گردید. سپس نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه ژئورفرنس گردید و لایه‌ی گسل از آن استخراج شد و با روی هم‌اندازی لایه‌ها ارتباط بین مخروط‌افکنه و گسل بهتر مشخص گردید. از تصاویر ماهواره‌ایی ETM سال ۲۰۰۵ (باندهای ۱تا۷) برای تعیین سطوح قدیمی و جدید مخروط‌افکنه و همچنین از تصاویر IRS برای تعیین جابجایی رودخانه استفاده گردید. همچنین برای کنترل دقیق این کار از عکس‌های هوایی سال ۱۳۸۰ با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰استفاده گردید. ضمناً میزان فعالیت‌های تکتونیکی منطقه با استفاده از شاخص‌های کمّی (Af)، (T)، (Smf)و (Hi) در محیط نرم افزاری Ilwis و ENVI محاسبه شدند. در زمینه‌ی پردازش تصاویر ماهواره‌ای از نرم افزار ENVIاستفاده شده است. به منظور تهیه‌ی نقشه‌های مورد نیاز از نرم افزارهای Arc/GIS و Freehand استفاده شد. شایان ذکر است که در تمام مراحل با استفاده از تفسیر چشمی نسبت به تحلیل و جداسازی عوارض اقدام گردید.

یافته‌های تحقیق

برای ارزشیابی حرکات تکتونیکی در حوضه‌ی آبریز ششطراز از شواهد مورفوتکتونیک و شاخص‌های کمی استفاده شده است. به وسیله‌ی این شواهد و شاخص‌ها می‌توانیم میزان فعالیت تکتونیکی منطقه و همچنین تأثیر آن را در مخروط‌افکنه‌ی منطقه، مورد ارزشیابی قرار دهیم.

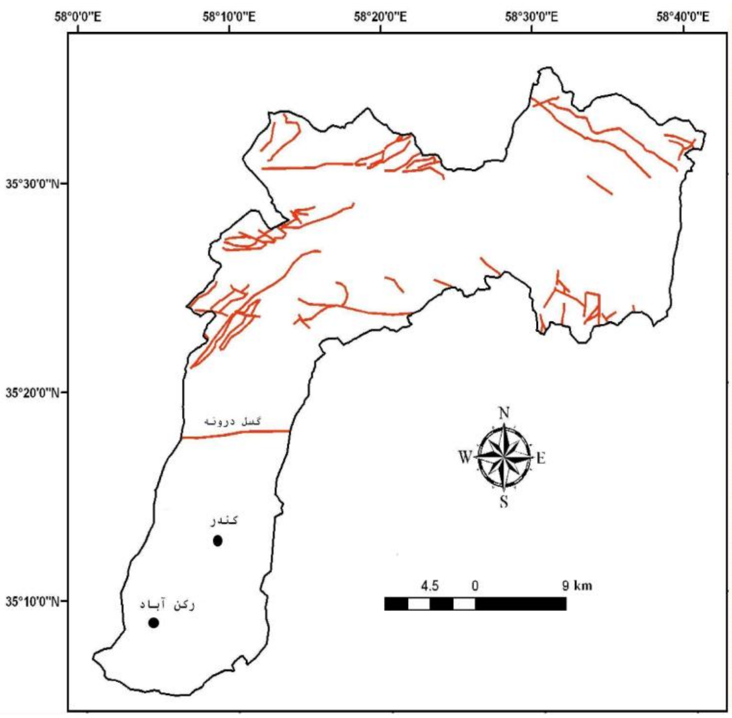
زمین شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه

سازندهای حوضه مربوط به پرکامبرین تا عهد حاضر است. سنگ‌های آذرین بخش اعظم رخنمون‌ها را تشکیل می‌دهند که عموماً به صورت ارتفاعات صخره‌ای مشاهده می‌شوند و محدوده‌ی

جنوبی آن تا حد کوه و دشت گسترش می‌یابد. در بخش‌های جنوبی‌تر و نزدیک خروجی حوضه توسط آبرفت‌های دوران چهارم پوشیده شده‌اند و نهایتاً جنوب حوضه به نهشته‌های مخروط‌افکنه‌ای ختم می‌شود که محل عرصه‌ی پخش آب است.

حرکات زمین ساخت به صورت گسل‌های متنوع نیز در پیدایش آنها دخالت زیادی پیدا می‌کنند و گسل‌ها بی‌نظمی‌های زیادی در ساختمان آن ایجاد کرده‌اند (طالقانی،۱۳۸۱: ۲۰۲). همچنین فعالیت ماگماتیک شدید در ترسیر از ویژگی‌های عمده زمین شناسی این منطقه است. شکل ۲ گسل‌های حوضه‌ی آبریز ششطراز را نشان می‌دهد.

شکل شماره ۲. گسل‌های حوضه‌ی آبریز ششطراز (منبع: سازمان زمین شناسی کشور)

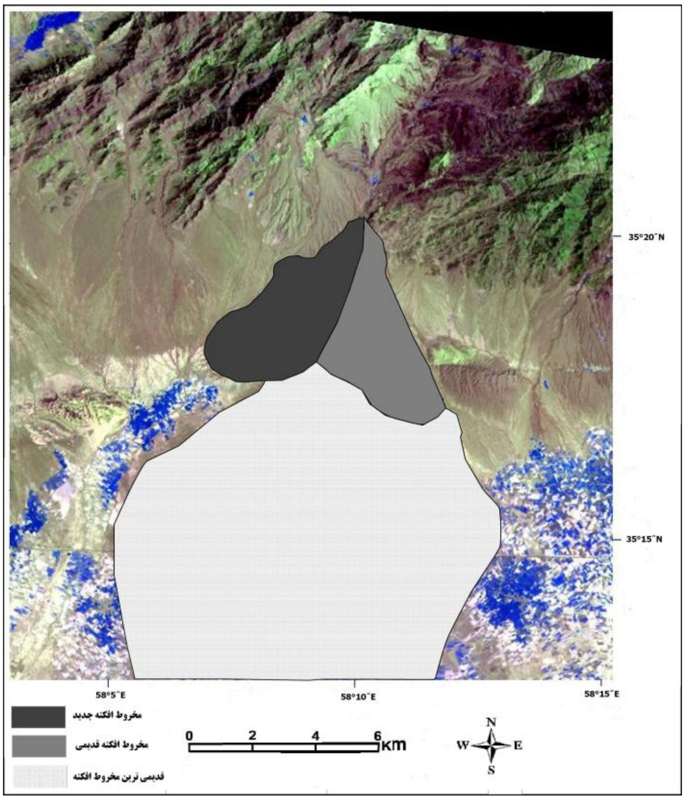


شواهد مورفوتکتونیکی

نقش حرکت تکتونیکی در تحول مخروط‌افکنه ششطراز:

در شکل‌گیری مخروط افکنه‌ی ششطراز حرکات تکتونیکی نقش بسیار مؤثّری داشته است. به گونه‌ای که حرکات تکتونیکی باعث ایجاد سه سطح مخروط‌افکنـه(شـکل۳) بسـیار قـدیمی، قدیمی و جدید شده است که در تشکیل این سطوح، گسل درونه در منطقه بسـیار مـؤثر بـوده است. مساحت مخروط افکنه‌ی جدید حـدود ۱۵/۱۸ کیلـومتر مربـع اسـت. مخـروط افکنـه‌ی قدیمی ۸/۹٤ کیلومتر مربع و قدیمی ترین مخروط افکنه حدود ٦٥/٦٢ کیلومتر مربع مساحت دارد.

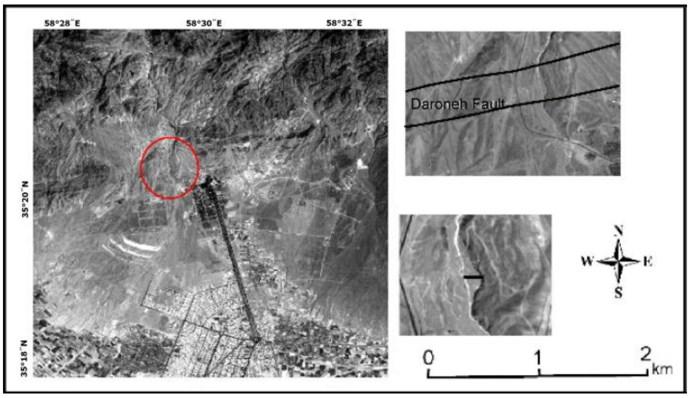
شکل شماره۳. سطوح جدید، قدیمی وخیلی قدیمی مخروط افکنه‌ی ششطراز



شواهد مورفوتکتونیکی حرکت گسل درونه

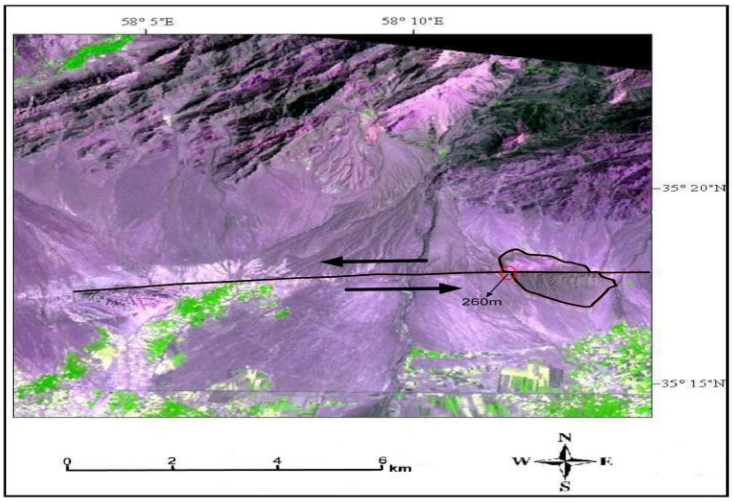
گسل درونه به طول تقریبی هفتصد کیلومتر از مرزهای خاوری ایران تا مرکز دشت کویر گسترش دارد. پس از گسل زاگرس یکی از بزرگ‌ترین گسله‌های ایران محسوب می‌شود. در عهد حاضر نیز بسیار فعال می‌باشد و موجب قطع بسیاری از مخروط‌افکنه‌ها شده است. احتمالا چپ‌گرد بوده و موجب جابه‌جایی رودها و چشمه ها تا ۲۰۰ متر شده است (مغفوری مقدم،۱۳۸٤، ٦۸). شکل شماره ٤ جابه‌جایی رودخانه را در شمال کاشمر نشان می‌دهد که این رودخانه نزدیک به شصت متر جابجایی داشته است. الگوی آبراهه ها در پهنه‌ی گسل را می‌توان نشان دهنده‌ی حرکات چپگرد اخیر دانست.

شکل شماره ٤. جابه‌جایی رودخانه در اثر گسل درونه در شمال کاشمر

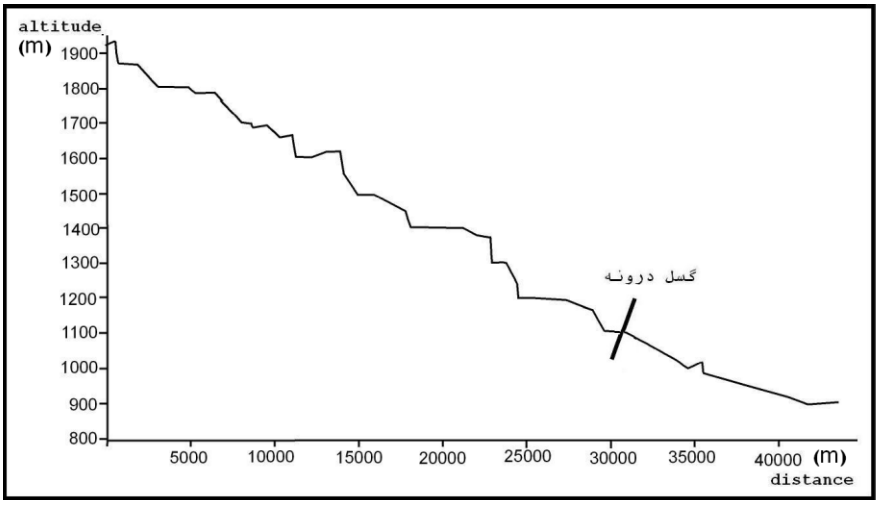


همچنین تأثیر تکتونیک را می‌توان در کوه تیغ احمد که تحت تأثیر گسل راست گرد و چپ‌گرد قرار گرفته است را در شکل شماره‌ی ۵ مشاهده کرد. که نزدیک به ۲٦۰ متر جابه‌جایی داشته است. از عوامل دیگر تأثیرگذار در تکتونیک منطقه‌ی نیمرخ طولی رودخانه و ارتباط آن با فعالیت‌های تکتونیکی و مقاومت واحدهای سنگی وتوپوگرافی است. شکل ٦ نیمرخ طولی رودخانه را نشان می دهد که دارای بی نظمی‌های زیادی به دلیل واحدهای لیتولوژی مختلف وساختارهای گسلی متعدد است.

شکل شماره۵. تأثیر گسل درونه در جابه‌جایی کوه تیغ احمد (۲٦۰ متر جابجایی)



شکل شماره ٦. نیمرخ طولی رودخانه‌ی ششطراز



شاخص های ژئومورفولوژیک

شاخص عدم تقارن حوضه‌ی زه‌کشی:(AF)[۱]

این شاخص، کج‌شدگی جانبی یک حوضه را نسبت بـه مسـیر اصـلی رودخانـه‌اش در اثـر نیروهای تکتونیکی نشان می‌دهد (کرمی،۱۳۸۸ :۷۲).

این شاخص به ما اجازه می‌دهد تا کج‌شدگی جانبی یک حوضه را بـا توجـه بـه مسـیر آب اصلی که ممکن است با فعالیت یک گسل نرمال مرتبط باشد، با جهت موازی مسیر آب اصـلی بیان کنیم (Pierpaolo Guarnieri , C laudia Pirrotta,۲۰۰۸-۲٦۵).

شاخص AF با رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود:

AF=۱۰۰(Ar/At)

AF= شاخص عدم تقارن آبراهه؛

Ar= مساحت حوضه در سمت راست آبراهه اصلی؛

At= مساحت کل حوضه.

اگر مقدار عددی این شاخص در حدود پنجاه باشد، بیانگر وجود تقارن زه‌کش‌های فرعـی نسبت به آبراهه‌های اصلی است و تداوم جریان در حالت ثابتی وجـود دارد. مقـادیر بیشـتر یـا کمتر از پنجاه ممکن است حاکی از کج شدگی حوضه‌ی زه‌کشی باشد، یعنی این‌که شاخه‌هـای اصلی رود یا به سمت غرب یا شرق تمایل دارند. البتـه بایـد توجـه داشـت کـه در ایـن روش فرض بر این است که عوامل زمین‌شناسـی و اقلیمـی موجـب عـدم تقـارن حوضـه‌ی زه‌کشـی نمی‌شود. شاخص Af در حوضه‌ی مورد مطالعه ٤۲/٦۷ اسـت کـه از نظـر تکتـونیکی در رده‌ی غیر فعّال قرار دارد.

---

۱. Asymmetry Factor

عامل تقارن توپوگرافی(T)[۱]

وجود عدم تقارن توپوگرافی در شبکه‌ی زه‌کشی حوضه‌هایی با لیتولوژی تقریباً همسان عملکرد تکتونیک فعّال را نشان می‌دهد.

شاخص تقارن توپوگرافی از رابطه‌ی زیر به دست می آید:

$$T=Da/Dd$$

T:عامل تقارن توپوگرافی؛

Da: فاصله‌ی بین خط میانی حوضه تا رود اصلی حوضه؛

Dd: فاصله‌ی خط میانی حوضه تا مرز حوضه.

شاخص T برداری بین ۰ تا ۱ است. اگر حوضه متقارن باشد، شاخص T مساوی عدد صفر خواهد بود و هرچه به یک نزدیک‌تر شود بیانگر عدم‌تقارن حوضه می‌باشد. این تجزیه و تحلیل بیشتر برای حوضه‌های زه‌کشی با الگوهای دندریتک مناسب می‌باشد.

در حوضه‌ی آبریز ششطراز، مقادیر Da و Dd در پنج مقطع محاسبه و نتایج آن در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول شماره۱. شاخص تقارن توپوگرافی در حوضه‌ی آبریز ششطراز

تعداد نقاط مورد بررسی	Da	Dd	T
۱	۲٤۹۷/٦٤	۱۳۳۸۳/۱۲	۰/۱۸
۲	۲۳۷٤/۰٦	۵۹۰۰/٤	۰/٤۰
۳	۲۷٦/۱۷	۱۳۱۰۲/٦۸	۰/۰۲
٤	۱۷۱۱/۸۹	٦۵۰٦/۳۹	۰/۲
۵	۳٦۵۸/۳٤	۷۱۸۹	۰/۵
میانگین	۲۱۰۳/٦۲	۹۲۱٦/۳۱۸	۰.۲۲

بررسی شاخص T در حوضه‌ی ششطراز نشان می‌دهد که حوضه از نظر تکتونیکی در رده‌ی فعّال قرار دارد.

۱. Topographic Symmetry Factor

شاخص سینوسی جبهه کوهستان(Smf)[1]

شاخص سینوسی جبهه‌ی کوهستان، شاخصی است که بیانگر تعادل بین نیروهای فرسایش دهنده که تمایل به بریدن و ایجاد شکل‌های خلیجی شکل و برش به داخل جبهه کوهستان را دارد از یک طرف و نیروهای تکتونیکی که تمایل به ایجاد جبهه کوهستانی مستقیم به طور همزمان با گسل خوردگی متوالی و مرحله به مرحله را دارند، می‌باشد. این جبهه‌های کوهستانی با بالا آمدگی تکتونیک فعّال، که به طور نسبی مستقیم‌اند، با مقادیر کم Smf همراه هستند (گورابی،۱۳۸٦:۱۹۰).

شاخص سینوسی جبهه‌ی کوهستان از طریق رابطه‌ی زیر تعریف می شود:

$$Smf=Lmf/Ls$$

در رابطه‌ی بالا Smf شاخص سینوسی جبهه کوهستان، Lmf طول جبهه کوهستان در امتداد کوهپایه و Ls طول خط مستقیم جبهه کوهستان را نشان می دهند.

اگر Smf برابر ۱ تا ۱/٦ باشد، جبهه‌های فعّالی را نشان می دهد. در صورتی که این شاخص بین ۱/٤ تا ۳ بیشتر باشد با جبهه‌های نیمه فعّال منطبق است و از حدود ۱/۸ تا بیشتر از ۵ با جبهه‌های کوهستانی غیر فعّال منطبق است.

در حوضه‌ی مورد مطالعه مقدار Smf برابر با ۱/۳ است که جبهه‌های فعّالی را نشان می‌دهد.

شاخص انتگرال هیپسومتری (Hi)[2]

با داشتن لایه‌ی مدل رقومی منطقه می‌توان به راحتی شاخص انتگرال هیپسومتری را به دست آورد. کمینه و بیشینه‌ی ارتفاع به طور مستقیم از روی نقشه‌های توپوگرافی خوانده می‌شوند. ارتفاع متوسط هم با استفاده از مدل رقومی محاسبه می‌شود.

یک راه برای برآورد سریع انتگرال هیپسومتریک رابطه‌ی زیر است:

---

۱. Mountain front sinuosity

۲. Hypsometric Integral

کمینه‌ی ارتفاع- بیشینه‌ی ارتفاع/ کمینه‌ی ارتفاع- میانگین ارتفاع= انتگرال هیپسومتریک

شاخص انتگرال هیپسومتریک بالا، بیانگر فعالیت تکتونیکی و مرحله‌ی جوانی در منطقه بوده و مقادیر پایین بیانگر فعالیت فرسایشی و مرحله‌ی پیری و آرامش می‌باشد. با توجه به مقادیر بالای پنجاه درصد در حوضه‌ی مورد مطالعه، حوضه از نظر تکتونیکی در مرحله‌ی فعّال می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به دوره‌ی بازگشت طولانی بسیاری از زمین لرزه های بزرگ و امکان وجود حرکات خزشی در محل گسل‌های فعّال که با زمین لرزه های شدید همراه نیستند و همچنین طول دوره کوتاه ثبت زمین لرزه‌های دستگاهی، اطلاعات حاصل از ثبت زمین لرزه ها نمی-تواند دید کاملی از زمین ساخت فعّال در مناطق را فراهم آورد. در چنین شرایطی شواهد و شاخص‌های ژئومورفولوژی که فعالیت های طولانی مدت پوسته‌ی زمین را در خود ثبت کرده اند، بسیار کارگشا هستند (شریفی نجف آبادی،۸۹: ۳۵). ارزشیابی شاخص‌ها و شواهد ژئومورفولوژیکی در یک منطقه برای تحلیل عملکرد تکتونیک فعّال بسیار با اهمیت‌اند. این شاخص‌ها و شواهد، میزان فعالیت‌های تکتونیکی را در منطقه مشخص ساخته و تأثیر آنها را در شکل‌گیری مخروطافکنه معلوم می‌سازند. البته عوامل دیگری مانند عوامل اقلیمی و انسانی هم در شکل‌گیری مخروطافکنه بسیار نقش دارند، ولی در این تحقیق تنها به بررسی عامل تکتونیک پرداخته شده است. ارزشیابی شاخص‌های مورفوتکتونیکی در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد که این منطقه‌ی از نظر تکتونیکی فعّال است. بریدگی زیاد جبهه‌ی کوهستانی، که موجب سینوسی شدن حوضه شد، عدم تقارن توپوگرافی در شبکه‌ی زه‌کشی حوضه و قرارگیری حوضه در مرحله‌ی جوانی و این‌که هنوز به مرحله‌ی پیری نرسیده است، فعّال بودن منطقه را از نظر تکتونیک نشان می‌دهد. همچنین یکی از مهم‌ترین شواهد تکتونیکی،

گسل‌ها هستند. بزرگترین گسل منطقه گسل درونه است، که نقش بـه سـزایی در شـکل‌گیـری مخروط‌افکنه موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه دارد و حتی موجب جابه‌جایی رودخانـه نزدیـک به شصت متر در شمال کاشمر شده است. نشانه های دیگر تـأثیر تکتونیـک در مخـروط افکنـه منطقه‌ی مورد مطالعه، تقطیع شدن سطح مخروط افکنـه و ایجـاد سـه سـطح مخـروط افکنـه‌ی خیلی قدیمی، قدیمی و جدید شده است.

گسل درونه موجب ناپایداری حوضه و موجب زلزله‌های مخرّبی در مناطقی مانند کاشـمر و تربت حیدریه شده است. بیشتر سکونت‌گاه‌ها در نزدیکی این گسل استقرار یافته‌اند و شواهد و شاخص‌های مورفوتکتونیکی نیز حاکی از فعّال بودن منطقه از نظر تکتونیکی دارد، بـا توجـه به این‌که این منـاطق مسـتعد بـروز خطرانـد، بنـابراین بـرای جلـوگیری از پیامـدهای آن بایـد راهکارهایی را در نظر گرفت.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می دانند از سازمان جغرافیایی نیروهای مسـلح بـه دلیـل دراختیـار قرار دادن تصاویر ماهواره ای IRS کمال تشکر و قدرانی را داشته باشند.

منابع ومآخذ:

۱. باقری، سجاد، (۱۳۸۷)، ***بررسی نقش تکتونیک در شکل‌گیری و تحول لندفرم های تاقدیس قلاجه(استان کرمانشاه)***، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

۲. بستانی، علی اکبر، (۱۳۸۷)، ***گسل درونه واستقرار سکونت‌گاههای انسانی در منطقه‌ی کاشمر***، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره.٦٣

۳. شریفی نجف آبادی، رسول، معیری، مسعود، غیور، حسینعلی، صفایی، همایون، سیف، عبدالله، (۱۳۸۹)، ***بررسی و تحلیل شواهد ژئومورفیک زمین ساخت فعال در حوضه رودبار از سرشاخه های دز***، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳.

٤. کرمی، فریبا، (۱۳۸۸)، ***ارزیابی ژئومورفیک فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه زهکشی سعیدآباد چای***، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ٦۹.

۵. گورابی، ابوالقاسم، (۱۳۸٦)، ***شواهد ژئومورفولوژیکی حوضه آبخیز درکه***، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ٦۰.

٦. ___________، (۱۳۸۷)، ***تأثیر نوزمین ساخت بر تحول لندفرم‌های کواترنری در ایران مرکزی*** (مطالعه‌ی موردی: گسل‌های دهشیر و انار)، رساله‌ی دکتری، دانشگاه تهران.

۷. مختاری کشکی، داود، (۱۳۸۱،)، ***عوامل مؤثر در گسترش و تکامل مخروط افکنه های کواترنر در دامنه‌های شمالی میشوداغ (آذربایجان ایران) و ارزیابی توان‌های محیطی آن***، پایان‌نامه‌ی دکتری دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.

۸. مغفوری مقدم، ایرج، پازوکی، امیر، زارعی سهامیه، رضا، (۱۳۸٤)، ***زمین‌شناسی ایران***، انتشارات نشر عقیل.

۹. مقصودی، مهران، (۱۳۸۷)، ***بررسی عوامل مؤثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه ها*** (مطالعه موردی: مخروط‌افکنه جاجرود)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره .٦۵

۱۰. یمانی، مجتبی، مقصودی، مهران، (۱۳۸۲)، ***بررسی تحول کانال‌های گیسویی در سطح مخروط‌افکنه‌ها*** (مطالعه موردی مخروط افکنه تنگوئیه در چاله سیرجان)، پژوهش‌های جغرافیای، شماره ٤۵ .

۱۱. یمانی، مجتبی، اسدیان، خدیجه، (۱۳۸۳)، ***شواهد ژئومورفولوزیکی گسل‌های تبرته و تلخاب در فرونشت چاله میقان***، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ٤۷.

۱۲. Adrian M. Harvey, Pablo G. silva , Anne E. Mather , Jose L. Goy , Marthin Stokes , Cari Zazo, ***The impact of Quaternary sea- level and climatic change on coastal alluvial fan in the Cabo de Gata ranges***, southeast Spania.Geomorphology۲۸,۱۹۹۹,p۱-۲۰

۱۳. A. Gomez-Villar , J.M. Garcia-Ruiz,***Surface sediment characteristics and present dynamics in alluvial fan of the central Spanish pyrenees***, Geomorphology۳٤, ۲۰۰۰, p۱۲

۱٤. Akiko Hashimoto , Takashi Oguchi , Yuichi Hayakawa , Zhou Lin , Kyoji Saito , Thad A. ***Wasklewicz,GIS analysis of depositional slope change at alluvial – fan toes in Japan and the American Southwest***,Geomorphology۱۰۰,۲۰۰۸,p۱۲۰

۱٥. Craig Hardgrove , Jeffrey Moersch , Stephen Whisner,***Thermal Imaging of alluvial fan: A new technique for remote chassification of sedimentary features***, Earth and Planetary Science Letters۲۸٥, ۲۰۰۹

۱٦. Kyoji Saito, Takashi Oguchi, Geomorphology۷۰,۲۰۰٥,p۱٤۷

۱۷. Martin Stokes , David J. Nash , Adrian M. Harvey, Calcrete fossilization of alluvial fan in SE Spain: ***The roles of groundwater, pedogenic processes and fan dynamics in calcrete development***, Geomorphology۸٥,۲۰۰۷,p٦٤

۱۸. pierpaolo Guarnieri, Claudia Pirrotta,***the respose of drainage basins to late Quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina strait*** (NE Sicily),Geomorphology۹٥(۲۰۰۸),۲٦۰

۱۹.Youli Li, Jingchun Yang, Lihua Tan, Fengjum Duan,***Impact of tectonics on alluvial landforms in the Hexi Corridor Northwest Chaina***.Geomorphology۲ ۲۸(۱۹۹۹),p۲۹۹- ۳۰۷